



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 44 08 057 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 N 23/223**  
G 21 K 1/06

(21) Aktenzeichen: P 44 08 057.3  
(22) Anmeldetag: 7. 3. 94  
(43) Offenlegungstag: 14. 9. 95

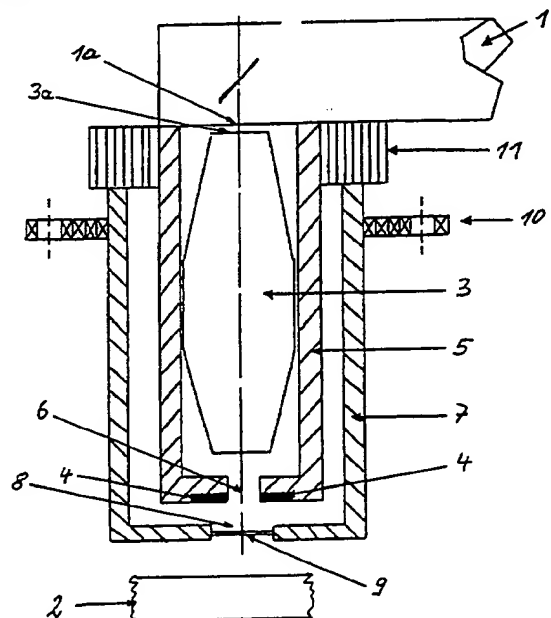
DE 44 08 057 A 1

(71) Anmelder:  
IFG-Institut für Gerätebau GmbH, 10439 Berlin, DE  
  
(74) Vertreter:  
Patentanwälte Gulde Hengelhaupt Ziebig, 10785  
Berlin

(72) Erfinder:  
Langhoff, Norbert, Prof., 12526 Berlin, DE;  
Kumachov, Muradin Abubekirovič, Prof.,  
Moskau/Moskva, RU; Gorny, Hans-Eberhard, 12435  
Berlin, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Röntgenfluoreszenzspektroskopie

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Röntgenfluoreszenzspektroskopie, wobei die von einer Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung ein Meßobjekt zur Aussendung der Fluoreszenzstrahlung anregt und diese Fluoreszenzstrahlung von einem Empfänger erfaßt und nachfolgend ausgewertet wird. Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß durch den Verlauf der von einer Strahlungsquelle ausgesandten Strahlung durch mindestens ein Optikelement, welches aus einer Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren, beispielsweise aus Glas, besteht und in welchem die Strahlung parallelisiert und/oder fokussiert und/oder monochromatisiert wird und nach Verlassen des Optikelementes auf das Meßobjekt trifft, dort die Fluoreszenzstrahlung erzeugt und die so erzeugte Fluoreszenzstrahlung von in unmittelbarer Nähe zum Meßobjekt angeordneten Detektoren empfangen wird, sowohl eine räumlich entfernte Anordnung der Strahlungsquelle vom Meßobjekt als auch die Verwendung von Strahlungsquellen mit geringer Strahlungsintensität ermöglicht wird. Spezielle Anwendungen der Erfindung sind die Schichtdickenmessung, die Kopplung der Röntgenfluoreszenzspektroskopie mit der Mikroskopie, die Realisierung einer Zeilenoptik sowie die Realisierung eines einfachen, aber leistungsfähigen Tomographen. Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur kontinuierlichen zerstörungsfreien Messung der Schichtdicke während des Schichtherstellungsprozesses ist in der Figur 1 dargestellt.



DE 44 08 057 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Röntgenfluoreszenzspektroskopie, wobei die von einer Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung ein Meßobjekt zur Aussendung der Fluoreszenzstrahlung anregt und diese Fluoreszenzstrahlung von einem Empfänger erfaßt und nachfolgend ausgewertet wird.

Die Erfindung ist anwendbar beispielsweise auf den Gebieten der Meßtechnik, insbesondere der Prozeßmeßtechnik, der Materialdiagnostik und der Medizin.

Als neues Anwendungsgebiet erschlossen wird die kontinuierliche Schichtdickenmessung, die Kopplung der Röntgenfluoreszenzspektroskopie mit der Lichtmikroskopie sowie die neuartige Realisierung von Röntgenzeilenoptiken und Tomographen.

Die Anwendung von Röntgenstrahlung in der Stoff- und Strukturanalytik sowie in der medizinischen Diagnostik und Therapie hat eine lange Tradition. Fortschritte in der Anwendung und bei der spezifischen Gerätetechnik sind immer dann eingetreten, wenn Forschungs- und Entwicklungsergebnisse anderer Fachdisziplinen und Fachbereiche übertragen und angewandt werden konnten.

Es war beispielsweise eine langgehegte Hoffnung von Physikern und Ingenieuren, Bauelemente in die Hand zu bekommen, die eine analoge Beeinflussung von Röntgenstrahlung gestatten, wie dies im optischen Bereich durch die Verwendung von Glas für Linsen oder Lichtleiter möglich ist.

Die Entwicklung und Anwendung derartiger Optiken verlief jedoch bislang im wesentlichen im Rahmen militärischer Projekte. Eine zivile Nutzung und Anwendung ist bisher nicht bekannt.

Die klassische Röntgenfluoreszenzspektroskopie findet seit langem in der Materialanalyse Verwendung.

Technisch wird bei der Röntgenfluoreszenzspektroskopie so vorgegangen, daß die zu untersuchende Probe mit der polychromatischen Strahlung einer Röntgenröhre oder der monochromatischen Strahlung einer Nuklidquelle zur Aussendung der Fluoreszenzstrahlung angeregt wird. Die Röntgenfluoreszenzstrahlung entsteht, wenn durch Röntgenquanten Elektronen in den Atomen von den inneren Schalen auf weiter außen gelegene Schalen gehoben werden und zum Ersatz andere Schalen-Elektronen zurückfallen. Die Fluoreszenzanregung ist auch mit Gamma-Elektronen- oder Ionenstrahlen möglich. Die Sekundärstrahlung wird geeignet registriert und die Signale werden elektronisch weiter verarbeitet.

Jedes von einem Element emittierte Röntgenfluoreszenzspektrum besteht im Gegensatz zu dem linienreichen optischen Spektrum aus nur wenigen charakteristischen Linien, anhand derer es eindeutig identifiziert werden kann. Zur quantitativen Analyse wird neben der Energie auch die Intensität der emittierten Strahlung gemessen, denn diese ist proportional dem Gehalt des betreffenden Elements in der Probe, das heißt, dem Produkt aus Schichtdicke und Konzentration.

Somit ist die Röntgenfluoreszenzspektroskopie prinzipiell auch zur Bestimmung der Schichtdicke geeignet.

Nachteilig an den bisher bekannten Methoden und Röntgenfluoreszenzspektroskopiemeßeinrichtungen ist, daß sowohl die Strahlungsquelle als auch das Detektionssystem konstruktiv in unmittelbarer Nähe des Meßortes angeordnet sein müssen.

Die Größe dieser Baugruppen gestattete bisher keine Konstruktionslösungen, bei denen größere Verluste so-

wohl bei der Anregungs- als auch der Meßintensität vermieden werden können. Nachteilig ist ebenfalls die hieraus resultierende hohe notwendige Strahlungsintensität der Strahlungsquelle.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Röntgenfluoreszenzspektroskopie zu schaffen, wobei die Strahlungsquelle nicht in unmittelbarer Nähe des Meßobjektes angeordnet sein muß, Strahlungsquellen geringer Intensität verwendet werden können und mit einfachen und preiswerten Mitteln sowohl kontinuierliche als auch diskontinuierliche Messungen und Analysen durchgeführt werden können.

Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, neue Anwendungsgebiete für Röntgenoptiken zu erschließen.

Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil der Ansprüche 1 und 6 in Verbindung mit den jeweiligen Oberbegriffen sowie die Ansprüche 16 bis 19.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen enthalten.

Der besondere Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch den Verlauf der von einer Strahlenquelle ausgesandten Strahlung durch ein Optikelement, in welchem die Strahlung parallelisiert und/oder fokussiert und/oder monochromatisiert wird und unmittelbar nach Verlassen der Optikelemente auf das Meßobjekt trifft, dort die Fluoreszenzstrahlung erzeugt und die Fluoreszenzstrahlung von in unmittelbarer Nähe zum Meßobjekt angeordneten Detektionssystemen empfangen wird, sowohl eine räumlich entfernte Anwendung der Strahlungsquelle vom Meßobjekt als auch die Verwendung von Strahlungsquellen mit geringer Strahlungsintensität ermöglicht wird.

Durch die Ausbildung des Optikelementes aus anorganischen oder organischen Materialien oder einer Kombination daraus und die Gestaltung als eine Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren, wobei die anorganischen Materialien beispielsweise Glas und/oder Keramik und/oder Metall und die organischen Materialien Polymere und/oder Polymergemische und/oder Komposite mit polymer Matrix sein können, wird erreicht, daß die Röntgenphotonen an den Innenflächen der Kapillaren total reflektiert und durch eine vorherberechnete Krümmung der Kapillaren in eine erwünschte Richtung gelenkt werden. Die zulässigen Krümmungsradien und Kapillarendurchmesser hängen von der Energie der Röntgenphotonen und den optischen Forderungen generell ab.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Röntgenfluoreszenzspektroskopie kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgt, wobei bei der kontinuierlichen Messung das Meßobjekt entlang der Optikelemente oder die Optikelemente entlang dem Meßobjekt bewegt werden.

Ein einfacher Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, bestehend aus mindestens einer Strahlungsquelle zur Anregung und einem Detektor zum Empfang der Fluoreszenzstrahlung wird dadurch realisiert, daß zwischen Strahlungsquelle und Meßobjekt mindestens ein Optikelement und in unmittelbarer Nähe zum Meßobjekt mindestens ein Detektor angeordnet wird.

Speziell für die kontinuierliche Messung der Schichtdicke während des Prozesses, beispielsweise der Beschichtung von Trägern mit Metallschichten zur Oberflächenvergütung, wie das Elektronenstrahl-Metallband-Bedampfen, das Vakuum-Bedampfen von Kunststoffolien oder die Spatabeschichtung von Flachglas

wird ein kostengünstiger Aufbau einer Vorrichtung unter Verwendung einer luftgekühlten Kleinröntgenröhre dadurch realisiert, daß der Strahlungsausgang der Kleinröntgenröhre mit dem Strahlungseingang eines Optikelementes verbunden ist, wobei das Optikelement in einem inneren Gehäuse, welches an seiner Unterseite eine Öffnung und Detektoren aufweist, angeordnet ist, und das innere Gehäuse von einem äußeren Gehäuse umgeben ist, welches ebenfalls eine Öffnung aufweist.

Ein zusätzlicher Vorteil der Erfindung resultiert daraus, daß durch die Verwendung eines zwischen Strahlungsquelle und Meßobjekt angeordnetem Optikelementes, bestehend beispielsweise aus einer Vielzahl sehr dünner, hohler Glaskapillaren, zur diskontinuierlichen Materialanalyse die Kopplung mit einem Lichtmikroskop ermöglicht wird. Dieses neue Anwendungsgebiet ist besonders für solche Proben geeignet, die sich einer Präparation für die Untersuchung in Rasterelektronenmikroskopen entziehen.

Weitere neue Anwendungsgebiete der Erfindung resultieren aus der Verwendung der Optikelemente zur kontinuierlichen linienförmigen Durchstrahlung des zu untersuchenden Objektes und damit einer Zeilenoptik oder zur kontinuierlichen Durchstrahlung des zu untersuchenden Körpers unter gleichzeitiger Rotation von Strahlungsquelle, Optikelement und Empfänger als konstruktive Einheit, um das zu untersuchende Objekt sowie Verschiebung der gesamten konstruktiven Einheit in der Längsachse und damit Realisierung eines Tomographen.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur kontinuierlichen zerstörungsfreien Messung der Schichtdicke während des Schichtherstellungsprozesses ist in der Fig. 1 dargestellt.

Der verfahrensmäßige Ablauf zur Röntgenfluoreszenzspektroskopie besteht dabei darin, daß die von einer Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung ein Meßobjekt zur Aussendung der Fluoreszenzstrahlung anregt und diese Fluoreszenzstrahlung von einem Empfänger erfaßt und nachfolgend ausgewertet wird, wobei die von mindestens einer zum Meßobjekt entfernt angeordneten Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung mindestens einem Optikelement zugeführt wird, die Strahlung in den Optikelementen parallelisiert und/oder fokussiert und/oder monochromatisiert wird, die Strahlung unmittelbar nach Verlassen der Optikelemente auf das Meßobjekt trifft, dort die Fluoreszenzstrahlung erzeugt und die so erzeugte Fluoreszenzstrahlung von in unmittelbarer Nähe zum Meßobjekt angeordneten Detektoren empfangen wird.

Als Strahlungsquelle findet im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine luftgekühlte Kleinleistungsröntgenröhre (1) Verwendung, deren Mikrofokus mit Hilfe des Optikelementes (3) auf das Meßobjekt (2) abgebildet wird. Das Optikelement (3) ist konstruktiv in einem als Kupferrohr ausgebildeten inneren Gehäuse (5) angeordnet, welches der Kühlung des Halbleiterdetektors (4) dient, der unmittelbar über dem Meßort angeordnet ist. Auf diese Weise kann ein großer Teil der in dem Meßobjekt (2) angeregten charakteristischen Strahlung vom Detektor (4) erfaßt werden. Für die Montage des Detektors (4) sind verschiedene konstruktive Lösungen möglich. Der Detektor (4) kann beispielsweise als Ringdetektor mit einer Innenbohrung ausgeführt sein. Ebenso ist ein konzentrischer Aufbau durch eine geeignete Zahl parallel betriebener Einzeldetektoren möglich, wobei

der Anregungsstrahl durch eine zwischen den Einzeldetektoren gebildeten Öffnung verläuft. Weiterhin ist es auch möglich, daß anstelle des Halbleiterdetektors andere Detektoren (4) mit geeigneten physikalischen und technischen Parametern zum Einsatz kommen.

Um einen Einbau der kompakten Vorrichtung beispielsweise in Rezipienten vornehmen zu können, aber auch um eine Wärmeisolation zu gewährleisten, wird das wärmeleitende Rohr (5) in einem weiteren als Rohr ausgebildeten äußeren Gehäuse (7), das vom Kühlrohr (5) isoliert ist, eingebracht. Dieses größere Rohr (7) ist im Falle der Montage in einen Rezipienten mit einem Flansch (10) versehen. Die elektrischen Verbindungen werden innerhalb der Vorrichtung geführt.

Das Optikelement (3) besteht aus dünnen, hohlen Glaskapillaren, welche aus einem Spezialglas hergestellt wurden. Die einzelnen Glaskapillaren werden zu dem kompletten Optikelement (3) zusammengefügt. Hierdurch wird es möglich, divergente Röntgenstrahlen zu fokussieren, divergente Röntgenstrahlen in quasiparallele Röntgenstrahlen zu wandeln, die Strahlungsrichtung der Röntgenstrahlen zu ändern bzw. umzulenken und die Röntgenstrahlung zu filtern und zu monochromatisieren.

Das innere Gehäuse (5) weist eine Öffnung (6) auf, durch welche die aus dem Optikelement (3) austretende Strahlung verläuft. Im weiteren Verlauf passiert diese Strahlung auch die in dem äußeren Gehäuse (7) angeordnete Öffnung (8) mit dem Fenster (9). Das Fenster (9) ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus Berillium ausgebildet.

Die erzeugte Röntgenfluoreszenzstrahlung passiert ebenfalls die Öffnung (8) mit dem Fenster (9) und wird von den an der Außenfläche des inneren Gehäuses (5) angeordneten Detektoren (4) erfaßt und in einer nachgeschalteten, in der Figur nicht dargestellten Elektronikschaltung, ausgewertet und weiterverarbeitet.

An dem inneren Gehäuse (5) ist zur Kühlung eine Peltierbatterie (11) angeordnet.

Die vorliegende Erfindung ist keinesfalls auf die mit diesem Ausführungsbeispiel beschriebene Vorrichtung beschränkt. Vielmehr ist es möglich, durch Variation der aufgezeigten Mittel weitere Vorrichtungen zu schaffen, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

So ist die beschriebene Konstruktion auch für eine Kopplung mit einem Lichtmikroskop geeignet. In diesem Falle wird die im Mikroskop betrachtete Probe an der für die Analyse gewünschten Stelle markiert und aus der Mikroskopstellung in die Analysenstellung transportiert. Die Kopplung eines Lichtmikroskops an einen Röntgenfluoreszenzanalytikeil erschließt insbesondere Applikationsfelder in der Medizin, Biologie, Umweltanalytik, Lebensmittelindustrie und in der pharmazeutischen Industrie. Eine derartige Kopplung ist besonders für solche Proben geeignet, die sich einer Präparation für die Untersuchung in Rasterelektronenmikroskopen entziehen.

Auch unter dem Aspekt der Weiterentwicklung von Röntengeräten und der Verringerung der Belastung des Menschen durch die ionisierende Strahlung sowie die Verbesserung des Informationsgehaltes von Röntgenbildern ist die Erfindung von Bedeutung, indem durch den Einsatz von Röntgenoptiken beiden Forderungen in hervorragender Weise entsprochen wird. Durch die Realisierung einer Zeilenoptik unter Verwendung der beschriebenen optischen Elemente ist eine linienförmige parallele Durchstrahlung des Körpers und auf der Empfängerseite durch röntgenempfindliche Emp-

fängerzeilen bzw. Matrizen der Nachweis der Strahlenschwächungswerte möglich.

Die Digitalisierung und Speicherung der in den einzelnen Pixel der Zeile empfangenen Werte gestattet nach einer schnittförmigen Abtastung des gesamten Untersuchungsobjektes eine 3-D-Rekonstruktion des Bildes im Computer.

Die Verfügbarkeit von speziellen Programmen zur Bildmanipulation gestattet eine Erhöhung der Kontraste, der Falschfarbenuordnung, das heißt insgesamt eine erheblich verbesserte Bildauswertung. Die hohe Empfindlichkeit der Zeilen und die Verwendung der Röntgenoptiken gestatten, die Durchstrahlung mit geringen Intensitäten durchzuführen.

Durch Rotation von Strahlungsquelle, Optikelement und Empfänger als konstruktive Einheit um das Untersuchungsobjekt erhält man einen sehr einfachen, aber leistungsfähigen Tomographen, wobei bei dieser Arbeitsweise in der Längsachse des Untersuchungsobjektes eine Verschiebung der konstruktiven Einheit erfolgt und aus den einzelnen Schnitten die 3-dimensionale Rekonstruktion des Körpers ermöglicht wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Röntgenfluoreszenzspektroskopie, wobei die von einer Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung ein Meßobjekt zur Aussendung der Fluoreszenzstrahlung anregt und diese Fluoreszenzstrahlung von einem Empfänger erfaßt und nachfolgend ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die von mindestens einer zum Meßobjekt entfernt angeordneten Strahlungsquelle ausgesandte Strahlung mindestens einem Optikelement zugeführt wird,
  - die Strahlung in den Optikelementen parallelisiert und/oder fokussiert und/oder monochromatisiert wird,
  - die Strahlung nach Verlassen der Optikelemente auf das Meßobjekt trifft, dort die Fluoreszenzstrahlung erzeugt und die Fluoreszenzstrahlung von mindestens einem in unmittelbarer Nähe zum Meßobjekt angeordneten Detektionssystem empfangen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle eine Röntgenröhre oder ein Synchrotron oder eine Nuklidquelle ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Optikelement aus anorganischen oder organischen Materialien oder einer Kombination daraus besteht und eine Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren aufweist, wobei die anorganischen Materialien beispielsweise Glas und/oder Keramik und/oder Metall und die organischen Materialien Polymere und/oder Polymergemische und/oder Komposite mit polymerer Matrix sein können.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Detektionssystem aus Szintillations- und/oder Proportional — und/oder Halbleiterdetektoren besteht.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenfluoreszenzspektroskopie stationär oder kontinuierlich erfolgt und das Meßobjekt entweder feststeht oder entlang der Optikelemente und/oder die Optikelemente ent-

lang dem Meßobjekt bewegt werden.

6. Vorrichtung zur Röntgenfluoreszenzspektroskopie, bestehend aus mindestens einer Strahlungsquelle zur Anregung und mindestens einem Detektor zum Empfang der Fluoreszenzstrahlung, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Strahlungsquelle (1) und Meßobjekt (2) mindestens ein Optikelement (3) und in unmittelbarer Nähe zum Meßobjekt (2) mindestens ein Detektor (4) angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlungsausgang (1a) einer Röntgenröhre (1) mit dem Strahlungseingang (3a) eines Optikelementes (3) verbunden ist, wobei das Optikelement (3) in einem inneren Gehäuse (5), welches an seiner Unterseite eine Öffnung (6) und Detektoren (4) aufweist, angeordnet ist und das innere Gehäuse (5) von einem äußeren Gehäuse (7) umgeben ist, welches eine Öffnung (8) aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Optikelement aus anorganischen oder organischen Materialien oder einer Kombination daraus besteht und eine Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren aufweist, wobei die anorganischen Materialien beispielsweise Glas und/oder Keramik und/oder Metall und die organischen Materialien Polymere und/oder Polymergemische und/oder Komposite mit polymerer Matrix sein können.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgenröhre (1) eine luftgekühlte Kleinleistungsrontgenröhre ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (8) im äußeren Gehäuse (7) mit einem Fenster (9) verschlossen ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Fenster (9) aus Berillium oder einer Polymerfolie besteht.

12. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das äußere Gehäuse (7) einen Flansch (10) aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß an dem inneren Gehäuse (5) ein Kühlkörper (11) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper (11) eine Peltierbatterie ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Gehäuse (5 und 7) als Rohre ausgebildet sind, das Gehäuse (5) aus gut wärmeleitendem Metall besteht und die Gehäuse (5 und 7) thermisch voneinander isoliert sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (4) als Ringdetektor mit Innenbohrung ausgebildet ist oder aus mehreren einzelnen Detektoren besteht, welche derart angeordnet sind, daß zwischen ihnen eine Öffnung für den Strahlendurchgang der Anregungsstrahlung gebildet wird.

17. Verwendung eines zwischen Strahlungsquelle und Meßobjekt angeordneten Optikelementes, bestehend aus einer Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren aus beispielsweise Glas und/oder Keramik und/oder Metall und/oder Polymeren und/oder Polymergemischen und/oder Kompositen mit polymerer Matrix zur Messung der Schichtdicke mittels Röntgenfluoreszenzspektroskopie.

18. Verwendung eines zwischen Strahlungsquelle

und Meßobjekt angeordneten Optikelementes, bestehend aus einer Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren aus beispielsweise Glas und/oder Keramik und/oder Metall und/oder Polymeren und/oder Polymergemischen und/oder Kompositen mit polymerer Matrix zur Materialanalyse in Kopplung mit einem Mikroskop. 5

19. Verwendung eines zwischen Strahlungsquelle und Meßobjekt angeordneten Optikelementes, bestehend aus einer Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren aus beispielsweise Glas und/oder Keramik und/oder Metall und/oder Polymeren und/oder Polymergemischen und/oder Kompositen mit polymerer Matrix zur kontinuierlichen linienförmigen Durchstrahlung des zu untersuchenden Objektes bzw. Körpers und damit Realisierung einer Zeilenoptik. 15

20. Verwendung eines zwischen Strahlungsquelle und Meßobjekt angeordneten Optikelementes, bestehend aus einer Vielzahl sehr dünner, hohler Kapillaren aus beispielsweise Glas und/oder Keramik und/oder Metall und/oder Polymeren und/oder Polymergemischen und/oder Kompositen mit polymerer Matrix zur Durchstrahlung des zu untersuchenden Objektes unter gleichzeitiger Rotation von Strahlungsquelle, Optikelement und Empfänger als konstruktive Einheit, um das zu untersuchende Objekt sowie Verschiebung der gesamten konstruktiven Einheit in der Längsachse und damit Realisierung eines Tomographen. 25

21. Optikelement nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kreis — Zeilenoptik realisiert ist. 30

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

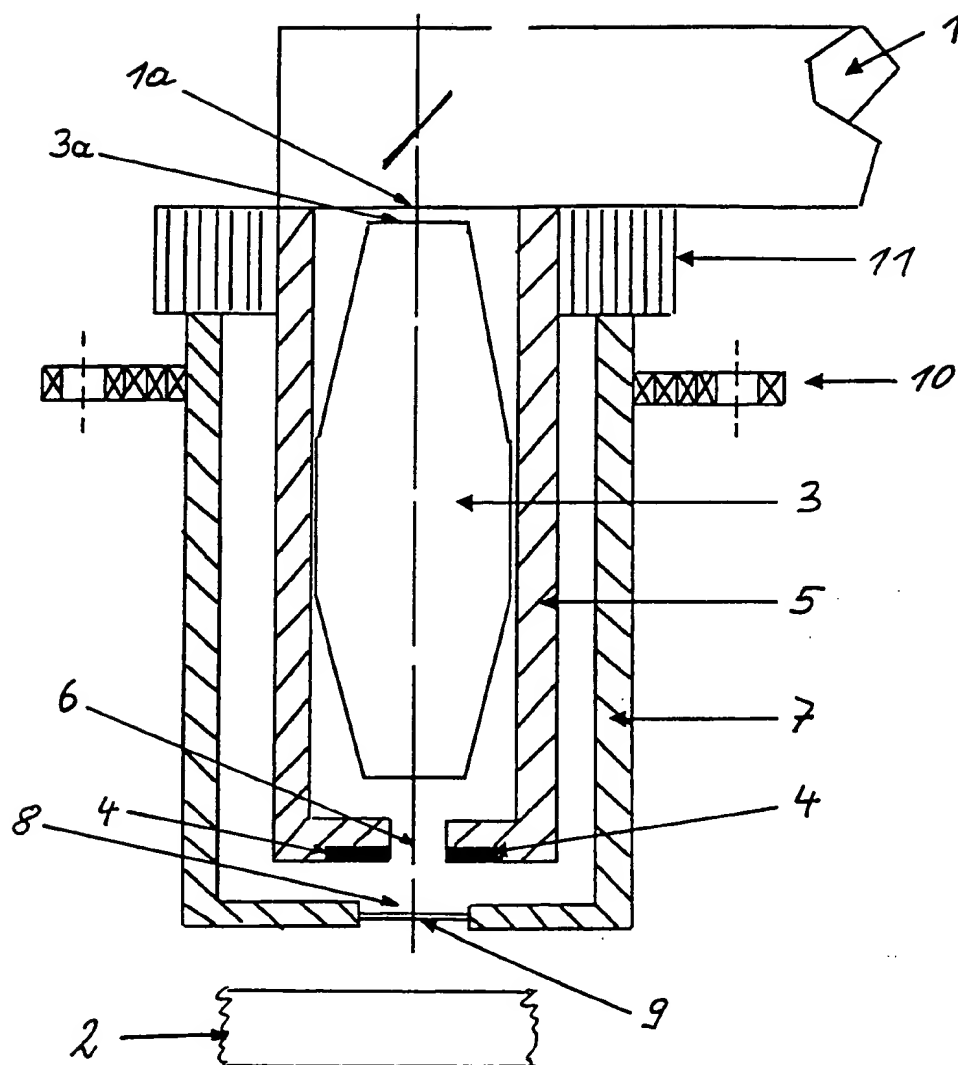


Fig. 1